

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Pengertian Biodiesel**

Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif untuk mesin diesel yang diproduksi dengan reaksi transesterifikasi dan esterifikasi minyak nabati atau lemak hewani dengan alkohol rantai pendek seperti metanol. Reaksinya membutuhkan katalis yang umumnya merupakan basa kuat, sehingga akan memproduksi senyawa kimia baru yang disebut metil ester.

Kelebihan biodiesel dibandingkan dengan petrodiesel antara lain: (1) Biodiesel berasal dari sumber daya alam yang dapat diperbaharui; (2) Biodiesel memiliki kandungan aromatik dan sulfur yang rendah (Ma & Hanna, 1999); (3) Biodiesel memiliki cetane number yang tinggi (Zhang et al., 2003).

Karena bahan bakunya berasal dari minyak tumbuhan atau lemak hewan, biodiesel digolongkan sebagai bahan bakar yang dapat diperbarui (Knothe 2005). Komponen karbon dalam minyak atau lemak berasal dari karbon dioksida di udara, sehingga biodiesel dianggap tidak menyumbang pemanasan global sebanyak bahan bakar fosil. Mesin diesel yang beroperasi dengan menggunakan biodiesel menghasilkan emisi karbon monoksida, hidrokarbon yang tidak terbakar, partikulat, dan udara beracun yang lebih rendah dibandingkan dengan mesin diesel yang menggunakan bahan bakar petroleum.

Biodiesel merupakan hasil reaksi minyak atau asam lemak dengan alkohol dan menghasilkan alkil ester. Alkilester ini lah yang disebut sebagai biodiesel. Pemakaian Biodiesel memiliki beberapa keuntungan :

1. Dihasilkan dari sumber daya energi terbarukan dan ketersediaan bahan bakunya terjamin
2. Viskositas tinggi sehingga mempunyai sifat pelumasan yang lebih baik daripada solar sehingga memperpanjang umur pakai mesin
3. Dapat diproduksi secara lokal.
4. Mempunyai kandungan sulfur yang rendah.
5. Menurunkan emisi gas buang.

Tabel 1. Sifat Fisik dan Kimia Biodiesel dan Petrodiesel

Sifat	ASTM D975	ASTM D6751
	Petrodiesel	Biodiesel
Titik Nyala	325 K min	403 K min
Air dan sedimen	0,050 max % vol	0,050 max % vol
Viskositas kinematik (313 K)	1,3-4,1 mms/s	1,9-6,0 mms/s
Massa jenis	-	0,860-0,900
Abu sulfat	-	0,02 max % mass
Abu	0,01 max % mass	-
Sulfur	0,05 max % mass	0,05 max % mass
Korosi pada tembaga	No. 3 max	No. 3 max
Bilangan Cetane	40 min	47 min
Aromatisitas	35 max % vol	-
Residu karbon	0,35 max % vol	0,05 max % mass
Temperatur distilasi (90% vol)	555 K min 611 K max	- -

Sumber : (Demirbas, 2009)

Ada setidaknya 5 alasan mengapa biodiesel penting untuk dikembangkan antara lain:

1. Menyediakan pasar bagi kelebihan produksi minyak tumbuhan dan lemak hewan
2. Biodiesel dapat diperbarui dan siklus karbonnya yang tertutup tidak menyebabkan pemanasan global. Analisa siklus kehidupan memperlihatkan bahwa emisi CO<sub>2</sub> secara keseluruhan berkurang sebesar 78% dibandingkan dengan mesin diesel yang menggunakan bahan bakar petroleum.
3. Untuk mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil
4. Emisi yang keluar dari karbon monoksida, hidrokarbon yang tidak terbakar, dan partikulat dari biodiesel lebih rendah dibandingkan bahan bakar petroleum untuk diesel.

5. Bila ditambahkan ke bahan bakar diesel biasa dengan jumlah sekitar 1-2%, biodiesel ini dapat mengubah bahan bakar dengan kemampuan pelumas yang rendah, seperti modern ultra low sulfur diesel fuel , menjadi bahan bakar yang dapat diterima umum.

Metil ester asam lemak memiliki rumus molekul  $C_{n-1}H_{2(n-r)-1}CO-OCH_3$  dengan nilai n yang umum adalah angka genap antara 8 sampai dengan 24 dan nilai r yang umum 0, 1, 2, atau 3. Minyak jelantah memiliki potensi yang cukup besar untuk dikembangkan menjadi bahan bakar biodiesel karena memiliki asam lemak yang tinggi. Komposisi asam lemak minyak jelantah dari minyak goreng sawit ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2. Komposisi Asam Lemak Minyak jelantah

Kriteria	Satuan	Nilai
Asam Palmitat	wt%	21.47
Asam Stearat	wt%	13
Asam Oleat	wt%	28.64
Asam Linoleat	wt%	13.58
Asam Linoleneat	wt%	1.59
Asam Miristat	wt%	3.21
Asam Laurat	wt%	1.1
Lain-lain	wt%	9.34

(Sumber: Taufiqurahmi dkk. 2011)

Kelebihan metil ester asam lemak dibanding asam-asam lemak lainnya :

1. Ester dapat diproduksi pada suhu reaksi yang lebih rendah.
2. Gliserol yang dihasilkan dari metanolisis adalah bebas air.
3. Pemurnian metil ester lebih mudah dibanding dengan lemak lainnya karena titik didihnya lebih rendah.
4. Metil ester dapat diproses dalam peralatan karbon steel dengan biaya lebih rendah daripada asam lemak yang memerlukan peralatan stainless steel.

5. Metil ester asam lemak tak jenuh memiliki bilangan setana yang lebih kecil dibanding metil ester asam lemak jenuh ( $r = 0$ ). Meningkatnya jumlah ikatan rangkap suatu metil ester asam lemak akan menyebabkan penurunan bilangan setana. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa untuk komponen biodiesel lebih dikehendaki metil ester asam lemak jenuh seperti yang terdapat dalam fraksi stearin minyak sawit.

## 2.2 Teknik Pembuatan Biodiesel

### 2.2.1 Transesterifikasi

Pada proses ini biodiesel diproduksi melalui reaksi transesterifikasi antara trigliserida dari minyak sawit dan metanol menggunakan katalisator logam., asam, atau basa. Namun, katalisator yang paling baik adalah NaOH. Reaksi ini akan menghasilkan gliserol sebagai hasil samping. (Darnoko dan Cheryan, 2000).

Produk yang dihasilkan selanjutnya dipisahkan menggunakan dekanter. Biodiesel yang terbentuk selanjutnya dicuci dengan air untuk menghilangkan sisa katalis dan metanol. Proses transesterifikasi dapat dilakukan secara batch atau kontinyu pada tekanan 1 atm dan suhu 50°C-70°C. Produk yang diinginkan dari reaksi transesterifikasi adalah ester metil asam-asam lemak. Terdapat beberapa cara agar kesetimbangan lebih ke arah produk, yaitu:

1. Menambahkan metanol berlebih ke dalam reaksi
2. Memisahkan gliserol
3. Menurunkan temperatur reaksi (transesterifikasi merupakan reaksi eksoterm)

Faktor utama yang mempengaruhi %*yield* ester yang dihasilkan pada reaksi transesterifikasi adalah:

1. Rasio molar antara trigliserida dan alkohol.

Rasio molar antara alkohol dengan minyak sangat mempengaruhi dengan metil ester yang dihasilkan. Semakin banyak jumlah alkohol yang digunakan maka konversi ester yang dihasilkan akan bertambah banyak. Perbandingan molar antara alkohol dan minyak nabati yang biasa digunakan dalam proses industri untuk mendapatkan produksi metil ester adalah 1:6 (Freedman et al, 1984) dan 1:9 (Wendi dkk, 2015).

2. Jenis katalis yang digunakan.

Katalis berfungsi untuk mempercepat reaksi dan menurunkan energi aktivasi sehingga reaksi dapat berlangsung pada suhu kamar sedangkan tanpa katalis reaksi dapat berlangsung pada suhu  $250^{\circ}\text{C}$ , katalis yang biasa digunakan dalam reaksi transesterifikasi adalah katalis basa seperti kalium hidroksida (KOH) dan natrium hidroksida (NaOH). Reaksi transesterifikasi dengan katalis basa akan menghasilkan konversi minyak nabati menjadi metil ester yang optimum (94% - 99%) dengan jumlah katalis 0,5% – 1,5% bb minyak nabati (Darnoko, D., 2000).

3. Waktu reaksi

Semakin lama waktu reaksi semakin banyak produk yang dihasilkan karena keadaan ini akan memberikan kesempatan terhadap molekul-molekul reaktan untuk bertumbukan satu sama lain. Namun setelah kesetimbangan tercapai tambahan waktu reaksi tidak mempengaruhi reaksi, melainkan dapat menyebabkan produk berkurang karena adanya reaksi balik, yaitu metil ester terbentuk menjadi trigliserida (Affandi, dkk., 2013). Peningkatan hasil biodiesel dengan waktu reaksi 50 sampai 60 menit dengan penambahan katalis 2,3,4% berat minyak dan suhu reaksi  $60^{\circ}\text{C}$ . Menurut Prihandana dkk.(2006) lamanya waktu reaksi tergantung pada kondisi minyak yang digunakan. Minyak dengan kandungan asam lemak bebas dan air yang besar membutuhkan waktu reaksi yang lebih lama dibandingkan minyak yang memiliki kandungan asam lemak bebas dan air yang kecil.

4. Suhu reaksi

Transesterifikasi dapat dilakukan pada berbagai suhu, tergantung dari jenis trigliserida yang digunakan. Jika suhu semakin tinggi, laju reaksi akan semakin cepat. Konversi akhir trigliserida hanya sedikit dipengaruhi oleh suhu reaksi. Suhu reaksi yang telah digunakan dalam berbagai penelitian adalah antara  $60^{\circ}\text{C}$ .

5. Kandungan air dan asam lemak bebas.

Terdapatnya air dalam trigliserida menyebabkan terjadinya reaksi saponifikasi, yang dapat menurunkan tingkat efisiensi katalis. Jika

kandungan asam lemak bebasnya tinggi maka akan dibutuhkan banyak basa.

#### 6. Kemurnian reaktan.

Pada kondisi reaktan yang sama, konversi untuk reaksi dengan bahan baku minyak nabati mentah berkisar antara 67–84 %. Hal ini disebabkan oleh tingginya kandungan asam lemak bebas di minyak nabati mentah, namun masalah ini dapat diselesaikan dengan menggunakan temperatur dan tekanan reaksi yang tinggi.

### 2.3 Minyak Jelantah

Minyak jelantah (*Waste Cooking Oil*) adalah minyak yang dihasilkan dari sisa penggorengan, baik dari minyak kelapa atau minyak sawit, minyak jelantah dapat menyebabkan minyak berasap atau berbusa saat penggorengan (Hambali dkk., 2008). Minyak jelantah bisa berasal dari jenis-jenis minyak goreng seperti halnya minyak jagung, minyak sayur, minyak samin dan sebagainya.

Secara umum komponen utama minyak yang sangat menentukan mutu adalah asam lemaknya, karena asam lemak dapat menentukan sifat kimia dan stabilitas minyak (Djarmiko dan Widjaya, 1984). Hal itu dapat dipahami karena menurut Swern (1982) trigliserida dari suatu minyak atau lemak mengandung 94-96% asam lemak sehingga sebagai komponen utama yang menyusun trigliserida maka sifat fisik, kimia, dan stabilitasnya ditentukan oleh komponen asam lemaknya. Asam lemak dominan yang terdapat pada minyak sawit adalah asam palmitat dan asam oleat.

Umumnya minyak goreng tidak langsung habis dalam sekali pemakaian/penggorengan. Terkadang minyak tersisa cukup banyak terutama pada proses penggorengan *deep frying*. Minyak jelantah telah mengalami perubahan, baik sifat fisik maupun kimianya, bahkan bersifat karsinogenik (racun) bagi tubuh manusia.

Menurut Perkins (1967) pemanasan minyak pada suhu tinggi dengan adanya oksigen akan mengakibatkan rusaknya asam-asam lemak tak jenuh yang terdapat dalam minyak, seperti asam oleat dan linoleat. Kerusakan minyak akibat pemanasan dapat dilihat dari perubahan warna, kenaikan kekentalan,

kenaikan kandungan asam lemak bebas, kenaikan bilangan peroksida, dan kenaikan kandungan urea adduct forming esters. Selain itu dapat dilihat pula terjadinya penurunan bilangan iod dan penurunan kandungan asam lemak tak jenuh.

Pemanfaatan minyak jelantah sebagai bahan bakar motor diesel merupakan suatu cara pengurangan limbah minyak jelantah yang menghasilkan nilai ekonomis serta menciptakan bahan bakar (Siswani dkk, 2012).

Selain itu, jika bahan pangan yang digoreng mengandung sejumlah air, maka akan terjadi proses hidrolisis. Selama hidrolisis, terjadi pemecahan ikatan ester yang menghasilkan asam lemak bebas, monogliserida, dan digliserida. Reaksi ini akan menghasilkan flavor dan bau tengik pada minyak tersebut (Ketaren, 1986).

Walaupun asam lemak bebas menjadi indikator penurunan mutu pada minyak goreng, tetapi asam lemak bebas berpotensi dalam pembuatan produk oleokimia dasar. Yang termasuk ke dalam produk oleokimia dasar adalah fatty alcohol, gliserol, asam lemak, dan metil ester. Kesemua produk oleokimia tersebut merupakan hasil dari reaksi dengan persenyawaan minyak/lemak dengan atau tanpa bantuan katalis.

Alasan penggunaan metil ester sebagai pengganti minyak diesel diungkapkan oleh Swern (1982) yaitu karena metil ester menghasilkan proses pembakaran bersih tanpa emisi sulfur dioksida. Walaupun tingkat panas pembakarannya lebih rendah, tidak diperlukan penyesuaian mesin, dan efisien.

Selain itu, menurut Prihandana *et al.* (2006), viskositas minyak nabati lebih tinggi dibandingkan diesel, sehingga harus diturunkan. Viskositas CPO sebesar 24,3; minyak jarak sebesar 49,15; sedangkan minyak solar atau diesel sebesar 1,6-5,8. Viskositas rendah memudahkan bahan bakar mengalir dan teratomisasi sehingga menguntungkan pada putaran mesin yang cepat.

Ada beberapa faktor yang harus diperhatikan dalam menggunakan minyak nabati sebagai minyak goreng. Tabel 3 menyajikan syarat Standar Nasional Indonesia

Tabel 3. SNI Biodiesel

No.	Parameter	Satuan	Nilai	Metoda
1	Massa Jenis pada 40°C	Kg/m <sup>3</sup>	850 – 890	ASTM D 1298
2	Viskositas kinematika pada suhu 40°C	mm <sup>2</sup> /s (cSt)	2,3 – 6,0	ASTM D 445
3	Angka setana		Min. 51	ASTM D 613
4	Titik nyala ( mangkok tertutup)	°C	Min. 100	ASTM D 93
5	Titik kabut	°C	Maks.18	ASTM D 2500
6	Korosi lempeng tembaga ( 3 jam pada 50°C)		Maks. No 3	ASTM D 130
7	Residu karbon dalam contoh asli, atau dalam contoh asli, atau dalam 10% ampas destilasi	% massa % massa	Maks. 0,05 Maks. 0,03	ASTM D 4530
8	Air dan Sediman	% vol	Maks. 0,05	ASTM D 2709 dan ASTM D 1796
9	Temperatur Destilasi 90%	°C	Maks. 360	ASTM D 1160
10	Abu Tersulfatkan	% massa	Maks. 0,02	ASTM D 874
11	Belerang	Ppm-m (mg/kg)	Maks. 100	ASTM D 5453 dan ASTM D 1266
12	Fosfor	Ppm-m (mg/kg)	Maks. 10	AOCS Ca 12-55
13	Angka Asam	Mg-KOH/g	Maks. 0,8	AOCS Ca 3d-63 atau ASTM 664
14	Gliserol bebas	% massa	Maks. 0,02	AOCS Ca14-56 atau ASTM 6584
15	Gliserol Total	% massa	Maks. 0,24	AOCS Ca14-56 atau ASTM 6584
16	Kadar Ester Alkil	% massa	Maks. 96,5	Dihitung *
17	Angka iodium	% massa (g Iz/100g)	Maks. 115	AOCS Cd 1-25
18	Uji Halphen	Negatif	Negatif	AOCS Cd 1-25

(Sumber : Syamsudin, 2010)



## 2.4 Methanol

Metanol, juga dikenal sebagai metil alkohol, wood alcohol atau spiritus, adalah senyawa kimia dengan rumus kimia  $\text{CH}_3\text{OH}$ . Ia merupakan bentuk alkohol paling sederhana. Pada "keadaan atmosfer" ia berbentuk cairan yang ringan, mudah menguap, tidak berwarna, mudah terbakar, dan beracun dengan bau yang khas (berbau lebih ringan daripada etanol). Metanol digunakan sebagai bahan pendingin anti beku, pelarut, bahan bakar dan sebagai bahan aditif bagi etanol industri.

Metanol diproduksi secara alami oleh metabolisme anaerobik oleh bakteri. Hasil proses tersebut adalah uap metanol (dalam jumlah kecil) di udara. Setelah beberapa hari, uap metanol tersebut akan teroksidasi oleh oksigen dengan bantuan sinar matahari menjadi karbon dioksida dan air.

Karena sifatnya yang beracun, metanol sering digunakan sebagai bahan aditif bagi pembuatan alkohol untuk penggunaan industri. Saat ini metanol dihasilkan melalui proses multi tahap. Secara singkat, gas alam dan uap air dibakar dalam tungku untuk membentuk gas hidrogen dan karbon monoksida kemudian gas hidrogen dan karbon monoksida tersebut bereaksi dalam tekanan tinggi dengan bantuan katalis untuk menghasilkan metanol. Tahap pembentukannya adalah endotermik dan tahap sintesisnya adalah eksotermik.

Methanol merupakan jenis alkohol yang dapat digunakan sebagai solvent dan reaktan pada proses pembuatan biodiesel melalui proses esterifikasi dan transesterifikasi dengan bantuan katalis. Methanol yang direaksikan dengan bahan baku minyak jelantah akan membentuk senyawa metil ester (biodiesel) yang merupakan sumber bahan bakar alternative menyerupai bahan bakar solar.

## 2.5 Katalis Dalam Pembuatan Biodiesel

Dalam reaksi pembuatan biodiesel diperlukan katalis karena reaksi cenderung berjalan lambat. Katalis berfungsi menurunkan energi aktivasi reaksi sehingga reaksi dapat berlangsung lebih cepat. Katalis yang digunakan dalam pembuatan biodiesel dapat berupa katalis basa maupun katalis asam. Dengan katalis basa reaksi berlangsung pada suhu kamar sedangkan dengan katalis asam reaksi baru berjalan baik pada suhu sekitar  $100^\circ\text{C}$ . Bila tanpa katalis, reaksi membutuhkan suhu minimal  $250^\circ\text{C}$  (Kirk & Othmer, 1980).

### 2.5.1 Katalis Homogen

Katalis homogen merupakan katalis yang mempunyai fasa sama dengan reaktan dan produk. Penggunaan katalis homogen ini mempunyai kelemahan yaitu: mencemari lingkungan, dan tidak dapat digunakan kembali. Selain itu katalis homogen juga umumnya hanya digunakan pada skala laboratorium ataupun industri bahan kimia tertentu, sulit dilakukan secara komersil, operasi pada fase cair dibatasi pada kondisi suhu dan tekanan, sehingga peralatan lebih kompleks dan diperlukan pemisahan antara produk dan katalis. Contoh dari katalis homogen yang biasanya banyak digunakan dalam produksi biodiesel, seperti basa (NaOH, KOH), asam (HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>).

### 2.5.2 Katalis Heterogen

Katalis heterogen merupakan katalis yang fasanya tidak sama dengan reaktan dan produk. Katalis heterogen secara umum berbentuk padat dan banyak digunakan pada reaktan berwujud cair atau gas. Contoh-contoh dari katalis heterogen adalah zeolit, CaO, MgO, dan resin penukar ion. Mekanisme katalis heterogen melalui lima langkah, yaitu: Transport reaktan ke katalis, interaksi reaktan-reaktan dengan katalis (adsorpsi), reaksi dari spesi-spesi yang teradsorpsi menghasilkan produk-produk reaksi, desorpsi produk dari katalis, transport produk menjauhi katalis. Keuntungan dari katalis heterogen adalah ramah lingkungan, tidak bersifat korosif, mudah dipisahkan dari produk dengan cara filtrasi, serta dapat digunakan berulang kali dalam jangka waktu yang lama. Selain itu, katalis heterogen meningkatkan kemurnian hasil karena reaksi samping dapat dieliminasi. Contoh-contoh dari katalis heterogen adalah zeolit, CaO, MgO, dan resin penukar ion.

### 2.5.3 Katalis Heterogen CaO

Nama lain dari kalsium oksida adalah *lime*, *caustic*, *quicklime* atau gamping. Katalis basa heterogen CaO dapat dibuat melalui proses

kalsinasi  $\text{CaCO}_3$ . Salah satu sumber  $\text{CaCO}_3$  yang mudah diperoleh disekitar kita adalah kulit telur. Komposisi kulit telur ditampilkan pada tabel 4.

Tabel 4. Komposisi Kulit Telur

Komponen	%berat
Kalsium karbonat	94
Magnesium karbonat	1
Kalsium fosfat	1
Bahan organik	4

(Sumber : Stadelman, 2000)

Proses kalsinasi kulit telur bertujuan untuk menghilangkan kandungan air, senyawa organik, serta karbon dioksida yang terdapat di dalam kulit telur. Air dan senyawa organik umumnya dapat dihilangkan dari kulit telur pada temperatur di bawah  $600^\circ\text{C}$  sementara karbon dioksida baru dapat dilepaskan dari kulit telur pada temperatur sekitar  $700 - 800^\circ\text{C}$ . Oleh karena itu, untuk mendapatkan katalis  $\text{CaO}$  yang baik dari kulit telur, temperatur kalsinasi yang digunakan harus di atas  $800^\circ\text{C}$  (Wei, et al., 2009).

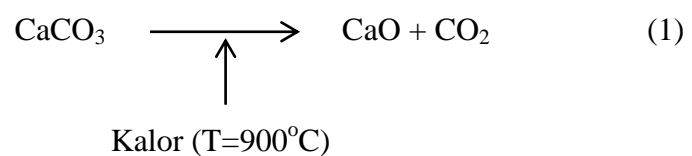
Katalis basa heterogen merupakan katalis yang mempunyai fasa yang tidak sama dengan reaktan dan produk. Jenis katalis basa heterogen yang dapat digunakan pada reaksi transesterifikasi adalah  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{SrO}$ , dll. Keuntungan menggunakan katalis ini adalah: mempunyai aktivasi yang tinggi, kondisi reaksi yang ringan, masa hidup katalis yang panjang biaya katalis yang rendah, tidak korosif, ramah lingkungan dan menghasilkan sedikit masalah pembuangan, dapat dipisahkan dari larutan produksi sehingga dapat digunakan kembali serta menghasilkan *yield* yang tinggi.

Katalis basa heterogen ini sangat baik untuk digunakan dalam proses transesterifikasi minyak nabati menjadi metil ester dibandingkan dengan katalis basa homogen. Karena masalah pemisahan katalis dari zat pereaksi maupun produk lebih sering dijumpai pada katalis basa homogen. Katalis basa homogen larut dalam campuran sehingga pemisahan tidak

cukup dilakukan dengan penyaringan dan teknik yang umum digunakan seperti destilasi atau ekstraksi produk dari campuran. Sedangkan teknik pemisahan katalis basa heterogen tidak terlalu sulit, pemisahannya dapat dilakukan dengan filtrasi atau dekantasi. (Bangun, N., 2008).

Penelitian ini dilakukan melalui dua tahap yaitu:

1. Kalsinasi kuli telur dengan tujuan merubah kalsium karbonat  $\text{CaCO}_3$  menjadi kalsium oksida ( $\text{CaO}$ ) dengan cara kalsinasi pada suhu  $900^\circ\text{C}$ . Proses Kalsinasi merubah kalsium karbonat menjadi kalsium oksida sesuai dengan persamaan dibawah ini.



2. Aplikasi  $\text{CaO}$  sebagai katalis untuk memproduksi biodiesel dari minyak jelantah dan methanol sebagai pelarutnya memvariasi rasio jumlah katalis  $\text{CaO}$ .

## 2.6 Pembuatan Katalis $\text{CaO}$

Katalis yang akan digunakan dalam pembuatan biodiesel adalah katalis  $\text{CaO}$  dari bahan dasar kulit telur. Mula-mula, kulit telur dihancurkan dan diayak dengan ukuran 40 – 80 mesh. Kulit telur yang telah dihancurkan ini kemudian dicuci dengan air untuk menghilangkan pengotor-pengotor seperti debu yang menempel. Setelah dicuci, kulit telur dikeringkan di dalam oven pada suhu  $100^\circ\text{C}$  selama 4-6 jam. Kulit telur kemudian dikalsinasi dalam sebuah *furnace* pada suhu  $1000^\circ\text{C}$  selama 2 jam. Setelah proses kalsinasi selesai, katalis yang dihasilkan disimpan di dalam eksikator untuk menjaga kondisi katalis tetap kering.

## 2.7 Karakterisasi

### 2.7.1 Karakterisasi CaO

Beberapa analisa yang dapat dilakukan untuk mengetahui karakterisasi sifat fisik dan kimia katalis kulit telur yang dihasilkan dalam percobaan ini antara lain:

a. X-Ray Diffraction (XRD)

Untuk mengetahui komposisi kimia katalis kulit telur yang dihasilkan

b. Scanning Electron Microscopy (SEM)

Untuk mengetahui struktur dan morfologi permukaan katalis kulit telur yang dihasilkan

c. Electron Dispersive Spectroscopy (EDS)

Untuk mengetahui konsentrasi CaO dalam katalis

d. Brunauer-Emmett-Teller (BET)

Untuk menentukan luas permukaan katalis kulit telur yang dihasilkan

### 2.7.2 Karakterisasi biodiesel

Analisis sifat fisis meliputi %FFA, kadar air, densitas, viskositas, derajat keasaman (pH), bilangan asam, dan titik nyala. Hasil analisis dibandingkan dengan spesifikasi biodiesel menurut SNI.

## 2.8 Metode Pemanasan Dengan *Microwave*

Minyak jelantah memiliki viskositas yang tinggi sehingga untuk mempercepat proses pembuatan biodiesel menggunakan minyak jelantah secara konvensional memerlukan pemanasan dan pengadukan. Pemanasan secara konvensional berlangsung melalui konduksi dan konveksi panas, sehingga energi yang diperlukan cukup besar. Pembuatan biodiesel menggunakan pemanas biasa akan berlangsung lambat. Salah satu upaya untuk mengatasi ini dapat dilakukan dengan memberikan gelombang mikro menggunakan *microwave* agar proses produksi lebih efektif.

Gelombang mikro (*microwave*) adalah gelombang elektromagnetik dengan frekuensi super tinggi (*Super High Frequency, SHF*), yaitu diatas 3GHz

( $3 \times 10^9$  Hz) dengan panjang gelombang 0,3 – 300 cm. Panjang gelombangnya termasuk ultra-short (sangat pendek) sehingga disebut juga mikro, dari sinilah lahir istilah *microwave* (Handayani, 2010). Pemanasan dengan gelombang mikro mempunyai karakteristik yang berbeda dengan pemanasan konvensional, karena panas dibangkitkan secara internal akibat getaran molekul- molekul bahan yang ingin dipanaskan oleh gelombang mikro. Pemanasan dengan gelombang mikro mempunyai kelebihan yaitu pemanasan lebih merata serta pemanasannya juga dapat bersifat selektif artinya tergantung dari dielektrik properties bahan (Handayani, 2010).

Pindah panas menggunakan *microwave* lebih efektif daripada pemanasan secara konvensional karena panas dipindahkan dari lingkungan (Lertsathapornasuk et.al., 2005). Proses pemanasan dengan *microwave* menggunakan waktu yang lebih singkat untuk memanaskan bahan baku tanpa pemanasan awal (Lertsathapornasuk et.al., 2005). Selain itu penggunaan *microwave* menunjukkan reaksi lebih efisien, dengan lama reaksi dan proses pemisahan yang singkat, menurunkan jumlah produk samping dan dapat menurunkan konsumsi energi (Hernando et.al., 2006 diacu dalam Terigar, 2009). Efisiensi dari transesterifikasi *microwave* berasal dari sifat dielektrik dari campuran polar dan komponen ion dari minyak, pelarut dan katalis. Pemanasan yang cepat dan efisien pada radiasi *microwave* lebih banyak karena gelombang *microwave* berinteraksi dengan sampel pada tingkat molekular, menghasilkan campuran inter molekular dan agitasi yang meningkatkan peluang dari sebuah molekul alkohol bertemu dengan sebuah molekul minyak (Terigar, 2009).